

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-068707

(43)Date of publication of application : 07.03.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

(21)Application number : 2001-258220

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 28.08.2001

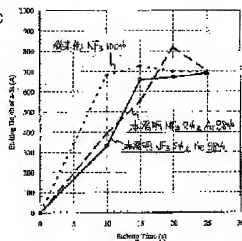
(72)Inventor : MIYASAKA MITSUTOSHI

## (54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method to prevent global warming.

SOLUTION: Plasma etching is performed by diluting PFC gas with a rare gas.



Japanese Unexamined Patent Application Publication  
No.2003-68707

# **SPECIFICATION <EXCERPT>**

[0005]

[Means to Solve the Problems]

The present invention is characterized by a method for manufacturing a semiconductor device. The method includes the step of processing a thin film formed on a substrate into a predetermined shape by using a plasma etching method. A thin film is formed on a substrate and subsequently the substrate is placed into a reaction chamber of a plasma etching device. Plasma is generated from mixed gas including rare gas and etching gas to process the thin film into a predetermined shape. The thin film is, for example, a semiconductor such as silicon (Si), a metal such as tantalum (Ta), or an insulating film made of silicon oxide (SiO<sub>2</sub>) or silicon nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). The etching gas is, for example, perfluorocompound gas (PFC gas) such as nitrogen trifluoride (NF<sub>3</sub>), sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>), or fluorinated carbon (CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, CHF<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>), and the rare gas is, for example, helium (He) or argon (Ar). The proportion of the etching gas in the mixed gas is set to be approximately from 1% to 10%, and preferably approximately from 1% to 6%, and more preferably approximately from 1.5% to 4.5%, and the ideal range is approximately from 2% to 4%. Examples of plasma source in the plasma etching device are: a radio frequency (rf) wave having a frequency of 13.56 MHz or an integral multiple thereof, a very high frequency (VHF) wave, or a microwave having a frequency of 2.45 GHz.

[0006]

[Embodiments of the Present Invention]

A derivative thin film such as a silicon oxide thin film or a silicon nitride thin film, a semiconductor thin film such as a silicon

thin film, or a metal thin film such as a tantalum thin film is formed on the substrate. Subsequently, on the resulting thin film, a protection film is formed into a desired shape by using a photoresist, etc. in a photolithography process. Next, this substrate is placed in the reaction chamber of the plasma etching device, and then parts of the thin film where the protection film is not covered are removed by etching to process the thin film to have a predetermined shape. At the time of etching the thin film, mixed gas including rare gas and etching gas is introduced into the reaction chamber, and this mixed gas plasma is used for etching the thin film.

[0007] The rare gas used for etching may be helium (He), neon (Ne), argon (Ar), krypton (Kr), or xenon (Xe), but helium is most preferably used for generating a stable plasma, and argon is preferably used for reducing manufacturing costs. Particularly, when argon is used in a parallel flat plate plasma etching device using a radio frequency, the effect of easily accomplishing etching of a thin film can be obtained even when the rf output is low. When krypton or xenon is used as rare gas, active atoms participating in etching are effectively generated from the etching gas, and thus the effect for accelerating the etching can be obtained. The etching gas is, for example, perfluorocompound gas (PFC gas) such as nitrogen trifluoride ( $\text{NF}_3$ ), sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ), or fluorinated carbon ( $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$ ). Nitrogen trifluoride has less influence (global warming potential (GWP) value is 8000) on global warming among the PFC gases, and thus it contributes to prevent global warming. Sulfur hexafluoride has a superior etching effect, and therefore fine plasma etching can be accomplished even with a small amount. Since the toxin of sulfur hexafluoride can be removed relatively easily by combusting the exhaust gas or washing off the toxin with water, the atmospheric discharge amount of the PFC gas can be minimized.

[0008] For the plasma source of the plasma composed of the

mixed gas including rare gas and etching gas, a radio frequency wave (rf: 13.56 MHz or a frequency of its positive multiple, such as 27.12 MHz), or a very high frequency wave (VHF: an electromagnetic wave having a frequency of approximately 100 MHz to several hundreds MHz), or a microwave (an electromagnetic wave having a GHz frequency band of 2.45 GHz or 8.3 GHz, etc.). When a very high frequency or a microwave is used, the plasma density increases, and thus plasma etching progresses more rapidly. However, for a general plasma etching device capable of handling a large substrate used in the liquid crystal industry, such as a substrate with a size of 550 mm by 650 mm, a radio frequency wave represented by 13.56 MHz is most preferably used.

\*\*\*\*\*

[0013] The plasma etching device used for the present invention uses the most versatile frequency of 13.56 MHz. However, other radio frequency that is an integral multiple frequency of 13.56 MHz may be used. For example, a doubled frequency of 27.12 MHz, a tripled frequency of 40.68 MHz, or a quadrupled frequency of 54.24 MHz may be effective. Further, a VHF of approximately 100 MHz to 1 GHz may be used. When the frequency is within a range of a radio frequency of approximately 10 MHz to a VHF of several hundreds MHz, plasma can be generated between the parallel flat plate electrodes. Therefore, plasma can be easily generated by using a desired radio frequency by replacing the radio frequency generator of the plasma etching device used for the present invention with an impedance matching circuit.

[0014] In Example 1, a substrate is placed in a reaction chamber in which a lower plate electrode is kept at a temperature of 375 °C. The condition in the reaction chamber is the same as in the etching process except for generating plasma. Specifically, 100

SCCM of nitrogen trifluoride ( $\text{NF}_3$ ) and 4900 SCCM of helium (He) is introduced into the reaction chamber, and the pressure of the reaction chamber is kept at 0.5 Torr. The distance between the parallel flat plate electrodes is 37.0 mm. The surface temperature of the amorphous silicon substrate after the placed substrate is balanced with such kind of condition is 350°C. After the placed substrate and the treatment chamber reached to a balanced state, a radio frequency is applied to the upper flat plate electrode to generate plasma, and then the thin film on the substrate surface is etched. The output of the radio frequency is 1300 W. Accordingly, the following is an example for the etching condition.

[0015] Flow rate of nitrogen trifluoride:  $\text{NF}_3=100$  SCCM  
Flow rate of helium: He=4900 SCCM (2.0% concentration of etching gas)

Radio frequency output: RF=1300 W (0.49 W/cm<sup>2</sup>)

Pressure: P=0.5 Torr

Distance between electrodes: S=37.0 mm

Temperature of lower flat plate electrode:  $T_{\text{sus}}=375$  °C

Temperature of substrate surface:  $T_{\text{sub}}=350$ °C

Plasma processing time: t=25 seconds

Under this condition, the silicon film is etched by 69 nm.

[0016] In the following, an amorphous silicon film is etched for the respective plasma treatment time of 10 seconds, 15 seconds, and 20 seconds to check the etching rate. Further, the same plasma treatment is performed to the amorphous silicon film except that argon is used as rare gas instead of helium used in the previous example. Moreover, for comparison, the same amorphous silicon film is checked for its etching rate in a conventional plasma etching method whose concentration of the etching gas is considered to be 100%. The condition for the conventional plasma etching has been considered to be the best etching condition, and is described as follows.

[0017] Flow rate of nitrogen trifluoride:  $\text{NF}_3=1000$  SCCM  
(100% concentration of etching gas)  
Radio frequency output:  $\text{RF}=1300$  W ( $0.49$  W/cm<sup>2</sup>)  
Pressure:  $P=0.5$  Torr  
Distance between electrodes:  $S=37.0$  mm  
Temperature of lower flat plate electrode:  $T_{\text{sub}}=375^\circ\text{C}$   
Temperature of silicon substrate surface:  $T_{\text{sub}}=350^\circ\text{C}$   
Plasma processing time:  $t=10$  seconds, or 15 seconds, 20 seconds, 25 seconds.

The obtained result is shown in FIG. 1. In FIG. 1, the line labeled as "NF<sub>3</sub> 2% & He 98%" corresponds to the present invention in which helium is used as rare gas, the line labeled as "NF<sub>3</sub> 2% & Ar 98%" corresponds to the present invention in which argon is used as rare gas. Further, in FIG. 1, the result of the conventional etching by using nitrogen trifluoride for 100% is also shown for comparison (labeled as "NF<sub>3</sub> 100%" in FIG. 1). As is clear from FIG. 1, the present invention easily provides the equivalent etching property as that of the conventional etching using PFC gas for 100% when the plasma etching time is set to be approximately 15 seconds or more, even when the PFC gas concentration is 2%, i.e., the fiftieth part of the conventional one. Thereby, the present invention can reduce the amount used for the PFC gas which may be the main cause of global warming to several tenths of the conventional amount.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-68707

(P2003-68707A)

(43) 公開日 平成15年3月7日 (2003.3.7)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065

識別記号

FI

H01L 21/302

テーマコード(参考)

A 5F004

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-258220(P2001-258220)

(22) 出願日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 宮坂 光敏

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅幸 (外2名)

Fターム(参考) 5F004 AA16 BA04 BB11 BB13 BB14

BB26 BB28 CA02 DA01 DA02

DA03 DA16 DA17 DA18 DA22

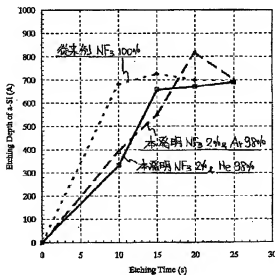
DA23 DA30 DB02

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 地球温暖化を防ぐ。

【解決手段】 PFC気体を希ガスで希釈して、プラズマエッチングを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された薄膜をプラズマエッチング法を用いて所定の形状に加工する工程を含む半導体装置の製造方法に於いて、

基板上に薄膜が形成された後に該基板をプラズマエッチング装置の反応室内に設置し、該反応室内に希ガス気体とエッチング気体との混合気体から成るプラズマを立てて該薄膜を所定の形状に加工する事の特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記薄膜が半導体で有る事の特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記薄膜が金属で有る事の特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記薄膜が絶縁体で有る事の特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記エッチング気体がPerfluorocompound気体(PFC気体)で有る事の特徴とする請求項1乃至4記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記Perfluorocompound気体(PFC気体)が三弗化窒素(NF<sub>3</sub>)で有る事の特徴とする請求項5記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記Perfluorocompound気体(PFC気体)が六弗化硫黄(SF<sub>6</sub>)で有る事の特徴とする請求項5記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記エッチング気体がヘリウム(He)で有る事の特徴とする請求項1乃至4記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記エッチング気体がアルゴン(Ar)で有る事の特徴とする請求項1乃至8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記希ガス気体がアルゴン(Ar)で有る事の特徴とする請求項1乃至8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記混合気体中に占めるエッチング気体の割合が1%程度以上10%程度以下で有る事の特徴とする請求項1乃至10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記混合気体中に占めるエッチング気体の割合が1%程度以上9%程度以下で有る事の特徴とする請求項1乃至10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記混合気体中に占めるエッチング気体の割合が1.5%程度以上4.5%程度以下で有る事の特徴とする請求項1乃至10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 前記混合気体中に占めるエッチング気体の割合が2%程度以上4%程度以下で有る事の特徴とする請求項1乃至10記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 前記プラズマのプラズマ源がラジオ波(rf波)で有る事の特徴とする請求項1乃至14記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 前記ラジオ波(rf波)の周波数が1

3.56MHz乃至はその整数倍で有る事の特徴とする請求項15記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】 前記プラズマのプラズマ源が超高周波(VHF波)で有る事の特徴とする請求項1乃至14記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 前記プラズマのプラズマ源がマイクロ波で有る事の特徴とする請求項1乃至14記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】 前記マイクロ波の周波数が2.45GHzで有る事の特徴とする請求項18記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は液晶表示装置等に用いられる薄膜半導体装置(TFT)や単結晶硅素基板上に作成される半導体装置の製造方法に関する。更に詳しくは、基板上に形成された薄膜をプラズマエッチング法を用いて所定の形状に加工する工程を含む半導体装置の製造方法に係わり、この際に本願発明は地球温暖化の主因となるPerfluorocompound気体(PFC気体)使用量を著しく削減する、薄膜のプラズマエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置用の薄膜半導体装置や大規模集積回路用の半導体装置の製造過程では薄膜のプラズマエッチング法が広く使用されている。其処ではプラズマエッチング装置の反応室内に酸化硅素薄膜や窒化硅素薄膜などの誘電体薄膜や硅素薄膜などの半導体薄膜が形成された基板を設置して、此等の薄膜を化学的乾燥除去法(Chemical Dry Etching法: CDE法)や反応性イオン除去法(Reactive Ion Etching法: RIE法)等のプラズマエッチング法を利用して薄膜を所定の形状に加工する。新うしたプラズマエッチング法に用いられる典型的なエッチング気体はPerfluorocompound気体(PFC気体)と呼ばれる三弗化窒素(NF<sub>3</sub>)や六弗化硫黄(SF<sub>6</sub>)、及び六弗化炭素(CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、CHF<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>)等であり、通常は濃度が100%のPFC気体のプラズマを用いて薄膜のエッチングを行っている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら此等従来のプラズマエッチング法に於いては多量のPFC気体が消費され、大気へ放出される。PFC気体は非常に長い寿命を有し赤外線吸収が大きい事から、一度大気へ放出されると温室効果を促進し、全地球規模での大気温度を加速度的に上昇させる。例えば六弗化硫黄の地球温暖化への影響度(Global Warming Potential: GWP値)は23900と同量の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)に比べて23900倍も地球温暖化に寄



与する。

【0004】そこで本発明は上述の諸事情を鑑み、その目的とする所は地球温暖化の原因となるPFC気体の使用量を削減して尚薄膜のプラズマエッチングを綺麗に行い、以て半導体装置を少ないPFC気体使用量にて製造する方法を提供する事にある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は基板上に形成された薄膜をプラズマエッチング法を用いて所定の形状に加工する工程を含む半導体装置の製造方法に於いて、基板上に薄膜が形成された後に此の基板をプラズマエッチング装置の反応室内に設置し、更に反応室内に希ガス気体とエッチング気体との混合気体から成るプラズマを立てて此の薄膜を所定の形状に加工する事を特徴と為す。薄膜とは硅素(Si)等の半導体やタンタル(Ta)等の金属、及び酸化硅素(SiO<sub>2</sub>)や窒化硅素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)等の絶縁膜で有る。エッチング気体としては三弗化窒素(NF<sub>3</sub>)や六弗化硫黄(SF<sub>6</sub>)、弗化炭素(CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、CHF<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>)等のPerfluorocompound気体(PFC気体)を用い、希ガス気体にはヘリウム(He)やアルゴン(Ar)を使用する。混合気体中に占めるエッチング気体の割合は1%程度以上10%程度以下とし、好ましくは1%程度以上6%程度以下、より好ましくは1.5%程度以上4.5%程度以下、理想的には2%程度以上4%程度以下で有る。プラズマエッチング装置のプラズマ源は周波数が13.56MHz乃至はその整数倍などのラジオ波(rf波)や、超高周波(VHF波)、或いは周波数が2.45GHzなどのマイクロ波である。

【0006】

【発明の実施の形態】基板上に酸化硅素薄膜や窒化硅素薄膜などの誘電体薄膜や硅素薄膜などの半導体薄膜、及びタンタル薄膜などの金属薄膜を形成した後に、フォトリソグラフィ工程にて此等の薄膜上に所望の形状にフォトレジストなどで保護膜を形成する。次いで此の基板をプラズマエッチング装置の反応室内に設置し、保護膜にて保護されていた部位から薄膜をエッチング除去して所定の形状に薄膜を加工する。薄膜のエッチング時には反応室内に希ガス気体とエッチング気体との混合気体を導入し、此の混合気体プラズマにて薄膜のエッチングを進める。

【0007】エッチング時に於ける希ガス気体はヘリウム(He)やネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)等が用いられるが、安定したプラズマを立てる上ではヘリウムの使用が最適で、製造価格削減にはアルゴンの使用が好ましい。取り分けrf波を用いた並行平板式プラズマエッチング装置ではアルゴンを使用すると、rf出力が低くても容易に薄膜のエッチングが可能との効果が認められる。希ガス気体としてクリプトンやキセノンを使用すれば、エッチ

ング気体からエッチングに関与する活性原子を効率的に作り出し、エッチングが素早く進むとの効果をもたらす。エッチング気体としては三弗化窒素(NF<sub>3</sub>)や六弗化硫黄(SF<sub>6</sub>)、及び弗化炭素(CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、CHF<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>)等のPerfluorocompound気体(PFC気体)を用いる。三弗化窒素は地球温暖化への影響度(GWP値)が8000とPFC気体中では比較的小さいので、温暖化防止に役立つ。六弗化硫黄はエッチング効率に優るので、比較的数量であってもプラズマエッチングが綺麗に行われる。弗化炭素は排気ガスの燃焼と水洗とによる障害が比較的容易に行われ、PFC気体の大気放出量を最小化させ得る。

【0008】希ガスとエッチング気体との混合気体から成るプラズマのプラズマ源としてはラジオ波(rf波:13.56MHzや此の正数倍の周波数で27.12MHz等)や超高周波(VHF波:100MHz程度から数百MHzの周波数を有する電波波)、或いはマイクロ波(2.45GHzや8.3GHz等のGHz帯の周波数を有する電波波)が使用される。超高周波やマイクロ波を用いばプラズマ密度が上がるので、プラズマエッチングが迅速に進行する。しかしながら液晶産業で用いられる550mm×650mmと云った様な大型基板に対応する汎用プラズマエッチング装置では13.56MHzに代表されるラジオ波の使用が最適で有る。

【0009】混合プラズマ照射を行う際には、希ガスとエッチング気体との混合気体中に占めるエッチング気体の割合を1%程度以上10%程度以下とする。特にラジオ波をプラズマ源としているプラズマエッチング装置を使用する場合にはプラズマ密度の低下に応じて、エッチング気体の割合を1%程度以上6%程度未満とせねばならない。これは本願発明が希ガスの励起状態を多量に生成し、此の励起状態からのエネルギー遷移によってエッチング気体の原子状活性種(弗素原子活性種F<sup>\*</sup>)を生成して薄膜のエッチングを促進するとの原理に基づいて居るからで有る。従来のプラズマエッチング法では、温度1000℃のPFC気体プラズマを用いて薄膜のエッチングを行っていた。此の場合、プラズマ中に発生する活性種の殆ど全てがPFC分子の活性種(NF<sub>3</sub><sup>\*</sup>やSF<sub>6</sub><sup>\*</sup>)で有る。活性PFC分子からは次に弗素が放出されねばならず、更にその弗素が硅素や酸化硅素等の薄膜と反応してSiF<sub>4</sub>並びにその他の揮発性反応物を生成してエッチングを進める。即ち従来はPFC分子の活性種が生じても、PFC分子から化学的に活性な弗素原子を解離する必要があり、此の解離効率が非常に低いが故に、多量のPFC気体を消費せざるを得なかったのである。

此に対して本願では混合気体の主成分が希ガスで有る為、プラズマ中に希ガスの活性種が多量に生成する。希ガスの活性種は励起エネルギーが20eV程度と高い。一方、出願人の研究に依るとPFC分子が弗素原子を放

出し、その弗素原子が第一励起状態に迄達する総エネルギーは凡そ20 eVと思われる。従ってPFC分子が希ガスの励起種から共鳴状態を経てエネルギーを受け取れば、容易に弗素原子の第一励起種、即ち弗素原子活性種が生成される。斯うして生成された弗素原子活性種は化学的に窮めて活で、基板上に形成された薄膜を容易にエッチングする。此の場合、エッチング気体の割合が1%程度未満ではプラズマ中のエッチング気体原子活性種の数が少なく、逆に10%程度以上だと希ガスの活性種の数が減少してPFC気体分子活性種が増えて仕舞う為、矢張り弗素原子活性種の数は減って仕舞う。取り分けプラズマ密度の低いラジオ波を用いたプラズマでは弗素原子活性種の数を多くする必要がある、混合気体中に於けるエッチング気体の割合を1%程度以上6%程度未満とせねばならない。斯うすればrfプラズマで有っても効率的に反応室のプラズマエッチングが行われる状である。

【0010】本願発明を液晶産業等で使用されている大型ガラス基板対応プラズマエッチング装置に適應させる際には、反応室最高温度は凡そ450℃程度未満となる。斯うした低温で薄膜のプラズマエッチングをきちんと行うには、低溫化に伴うエッチング反応速度の低下を補償する為にエッチング気体原子活性種の数を最大とせねばならず、故に混合気体中に於けるエッチング気体の割合を1.5%程度以上4.5%程度未満とさせる必要がある。更に300mm径以上の大型基板に対応したプラズマエッチング装置にて大型基板全面に均一性良く薄膜のプラズマエッチングを行うには、大きな基板全体に弗素原子活性種を行き渡らせる必要があり、混合気体中に於けるエッチング気体の割合を2%程度以上4%程度未満とするのが理想的である。混合気体によるプラズマエッチング時間を15秒程度以上とすると、従来のエッチング気体100%でのプラズマエッチングと同等の効果が得られ、その故地球温暖化の一因となるPFC気体は十分の一程度以下へと削減し得る。

【0011】(実施例1)本願発明のプラズマエッチング法で効率良く半導体薄膜がエッチングされる事を本実施例1にて示す。エッチング速度は300mm×300mmのガラス基板上に成膜された非晶質硅素膜を用いて調べられた。非晶質硅素膜表面には凡そ1nmから2nmの厚みの自然酸化膜が形成されている。従って本実施例が示すエッチングは酸化硅素膜と非晶質硅素膜との両者のエッチングである。斯うして準備された基板のエッチングをプラズマエッチング装置にて行った。

【0012】プラズマエッチング装置は枚葉式容量結合型でプラズマは工業用周波数(13.56MHz)のラジオ高周波電源を用いて平行平板電極間に発生させる。反応室は反応容器に依り外気から隔絶され、プラズマ処理中で凡そ1mTorrから1Torr程度の減圧状態とされる。反応容器内には下部平板電極と上部平板電極

が互いに平行に設置されて居り、これら二枚の電極が平行平板電極を形成する。この平行平板電極間が反応室となる。本願発明で用いたプラズマエッチング装置は470mm×560mmの平行平板電極を備え、此等平行平板電極間距離は下部平板電極の位置を上下させる事に依り、18.0mmから37.0mmの間で自由に設定し得る。此に応じて反応室の容積は4738cm<sup>3</sup>から9738cm<sup>3</sup>と変化する。又電極間距離を所定の値に設定した場合、470mm×560mmの平板電極面内で10の電極間距離の偏差は0.5mm程度で有る。従って電極間に生ずる電界強度の偏差は平板電極面内で2%程度以下となり極めて均質なプラズマが反応室に発生する。下部平板電極上に薄膜をエッチングすべき基板を置く。下部平板電極内部にはヒーターが設けられて居り、下部平板電極の温度を室温から400℃の間で任意に調整し得る。周辺2mmを除いた下部平板電極内の温度分布は設定温度に対して±5℃以内で有り、基板として360mm×465mmとの大きな物を使用しても基板内温度偏差を±2℃以内に保つ事が出来る。希ガスとエッチング気体から成る混合気体は配管を通じて上部平板電極内に導入され、更に上部平板電極内に設けられたガス拡散板の間をすり抜けて上部平板電極全面より略均一な圧力で反応室に流れ出る。処理中で有れば混合気体の一部は上部平板電極から出た所で電離し、平行平板電極間にプラズマを発生させる。混合気体の一部乃至全量が薄膜のエッチングに関与し、エッチングに関与しなかった残留混合気体及び薄膜エッチングの化学反応の結果として生じた生成ガスは排気ガスとなって反応容器周辺上部に設けられた排気穴を介して排気される。排気穴のコンダクタンスは平行平板電極間のコンダクタンスに比べて十分に大きく、その値は平行平板電極間のコンダクタンスの100倍以上が好ましい。更に平行平板電極間のコンダクタンスはガス拡散板のコンダクタンスよりも十分に大きく、やはりその値はガス拡散板のコンダクタンスの100倍以上が好ましい。こうした構成に依り470mm×560mmとの大型上部平板電極全面より略均一な圧力でプラズマエッチングを行う反応ガスが反応室に導入され、同時に排気ガスが反応室から絶ての方向に均等な流量で排気されるのである。各種反応ガスの流量は配管に導入される前にマス・フロー・コントローラーに依り所定の値に調整される。又反応室内の圧力は排気穴出口に設けられたコンダクタンス・バルブに依り所望の値に調整される。コンダクタンス・バルブの排気側にはターボ分子ポンプ等の真空排気装置が設けられて居る。本願発明ではオイル・フリーのドライ・ポンプが真空排気装置の一部として用いられ、反応室等の反応容器内の背景真空度を10<sup>-5</sup> Torrかとして居る。反応容器及び下部平板電極は接地電位に有り、これらと上部平板電極とは絶縁リングに依り電氣的に絶縁状態が保たれる。プラズマ発生時には高周波発振源から出力された13.56

MHz のラジオ高周波がインピーダンス・マッチング回路を介して上部平板電極に印加される。

【0013】本発明に用いたプラズマエッチング装置では最も汎用性の高い周波数 13.56 MHz の高周波を用いているが、この他にこの高周波の整数倍の高周波を利用しても良い。例えば 2 倍の 27.12 MHz や 3 倍の 40.68 MHz、4 倍の 54.24 MHz 等も有効で有る。更には 100 MHz ~ 1 GHz 程度の VHF 波を利用しても良い。周波数が 10 MHz 程度の rf 波から数百 MHz 程度の VHF 波で有れば平行平板電極間にプラズマを発生させる事が可能で有る。従って本願発明に用いたプラズマエッチング装置の高周波発振源とインピーダンス・マッチング回路を交換する事に依り容易に所望の周波数の高周波を用いてプラズマを発生出来る。

【0014】本実施例 1 では、基板は下部平板電極の温度が 375°C に保たれている反応室に設置される。プラズマを立てる事を除いて反応室内の条件をエッチング過程と同一とする。具体的には三弗化窒素 (NF<sub>3</sub>) を 100 SCCM とヘリウム (He) を 4900 SCCM 流し、反応室内の圧力を 0.5 Torr に保つ。平行平板電極間距離は 37.0 mm で有る。設置基板がこうした系と平衡状態となった後の非晶質硅素基板表面温度は 350°C で有る。設置された基板と処理室が平衡状態に達した後、上部平板電極に高周波を印加してプラズマを発生させ、基板表面に設けられた薄膜のエッチングを行う。高周波出力は 1300 W で有る。従ってエッチング条件の一例は以下の通りとなる。

【0015】三弗化窒素流量：NF<sub>3</sub> = 100 SCCM  
ヘリウム流量：He = 4900 SCCM (エッチング気体濃度 2.0%)

ラジオ高周波出力：RF = 1300 W (0.49 W/cm<sup>2</sup>)

圧力：P = 0.5 Torr

電極間距離：S = 37.0 mm

下部平板電極温度：T<sub>sub</sub> = 375°C

基板表面温度：T<sub>sub</sub> = 350°C

プラズマ処理時間：t = 25 秒

此の条件下で硅素膜は 69 nm のエッチングがなされた。

【0016】以下、エッチング速度を調べる為にプラズ

マ処理時間を 10 秒と 15 秒、20 秒として非晶質硅素膜のエッチングを行った。又、上例で希ガスをヘリウムからアルゴンに変えて同じプラズマ処理を非晶質硅素膜に施した。又、比較の為にエッチング気体濃度 100% とする従来のプラズマエッチング法でも同じ非晶質硅素膜のエッチング速度を調べた。従来技術でのエッチング条件は従来最も優れているとされるエッチング条件で、以下に示される。

【0017】三弗化窒素流量：NF<sub>3</sub> = 1000 SCCM (エッチング気体濃度 100%)

ラジオ高周波出力：RF = 1300 W (0.49 W/cm<sup>2</sup>)

圧力：P = 0.5 Torr

電極間距離：S = 37.0 mm

下部平板電極温度：T<sub>sub</sub> = 375°C

硅素基板表面温度：T<sub>sub</sub> = 350°C

プラズマ処理時間：t = 10 秒、又は 15 秒、20 秒、25 秒

斯うして得られた結果を図 1 に示す。図 1 中で NF<sub>3</sub> 2% & He 98% と記して有るのが希ガスとしてヘリウムを用いた本発明に相当し、NF<sub>3</sub> 2% & Ar 98% と記して有るのが希ガスとしてアルゴンを用いた本発明に相当する。更に図 1 には比較の為に従来技術に当たる三弗化窒素 100% のエッチングの結果 (図 1 中に NF<sub>3</sub> 100% と記す) をも記す。図 1 から分かる様に本願発明に依り、プラズマエッチング時間を 15 秒程度以上とすると、従来の PFC 気体 100% と同等のエッチング特性を、PFC 気体濃度が 50 分の 1 である 2% としても、容易に得られ且事が分かる。斯うして本願発明では地球温暖化の主因となる PFC 気体の使用量を従来の数十分の一へと削減出来るのである。

【0018】

【発明の効果】以上詳述してきた様に本願に依ると、半導体装置製造上に於ける薄膜のプラズマエッチングを、地球温暖化の一因となる PFC 気体を従来の使用量の数十分の一程度以下へと削減して尚良好なエッチングを実現せしめ、地球環境の保全と産業振興を両立させるとの計り知れない絶大な効果が認められる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本願発明の効果を確認した図。

【図1】

